

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ И РОДСТВЕННЫХ ЕЙ ТЕХНОЛОГИЙ

А. С. Бузин, Н.А. Астафьева

Научный руководитель: к.т.н. Н.А. Астафьева

Иркутский национальный исследовательский технический университет

Россия, г. Иркутск ул. Лермонтова 83, 664074

E-mail: anstella@mail.ru

Физические и химические процессы, протекающие при сварке, можно моделировать различными методами. Проведение математических расчетов для реального сварочного процесса достаточно трудная задача. Решения можно получить только для отдельных простейших задач, с использованием ряда упрощающих допущений.

Для решения вопросов, актуальных для современной промышленности, необходимо совместное рассмотрение целого комплекса физико-химических процессов при сварке. При этом необходимо учитывать процессы, протекающие в источнике энергии для сварки, источнике питания, протекание электрического тока через соединение, распространение теплоты при нагреве и охлаждении, структурные, фазовые и химические превращения, плавление, кристаллизацию шва, изменение свойств материала в шве и зоне термического влияния, диффузию примесей, а так же сварочные деформации и напряжения [1].

Часть этих процессов, возникающих при сварке и родственных ей технологиях (нагрев и охлаждение, агрессивные среды, деформации), может присутствовать и в эксплуатационных нагрузках, т. е. действовать на готовую конструкцию, влияя на ее работоспособность.

Достоверность и точность оценки воздействия на сварную конструкцию комплекса процессов, протекающих в ней при ее изготовлении и эксплуатации, обеспечивают натурные эксперименты на реальных изделиях или компьютерное моделирование на основе численных методов.

Этапы моделирование сварки, наплавки или термической обработки для всех программных комплексов, основанных на методе конечных элементов (КЭМ) имеют общий вид. На основе КЭМ работают программные комплексы: MSC.Mark; SYSWELD; ABAQUS; Ansys; MSC. Nastran и др. Они имеют разный уровень специализации для моделирования процессов сварки.

Интересным примером, с точки зрения круга решаемых задач, является программный комплекс «СВАРКА». Он реализует МКЭ при расчете тепловых и деформационных задач [2].

Программный комплекс SYSWELD разработан специально для процессов сварки, он позволяет моделировать металлургическую задачу, в нем заложены аналитические модели, которые позволяют задавать распределение теплового потока [3].

На примере моделирования дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона (ТИГ) стыкового соединения, собираемого из штампованных заготовок сплава системы Al- Mg-Si рассмотрим основные этапы решения в программе SYSWELD.

- Построение геометрической модели стыкового соединения. Ввод размеров для построения модели с использованием 3D-графики. Использован Autodesk Inventor.

- Импорт геометрической модели в программный пакет Visual Weld.

- Построение КЭ, генерация сетки конечных элементов с их сгущением в зоне предполагаемой сварки.

- Назначение материала конструкции. Материал - алюминиевый сплав системы Al-Mg-Si взят из базы данных Visual Weld.

- Определение модели нагрева. В программе нам доступно несколько аналитических моделей нагрева для описания сварочной ванны. Граничные условия могут быть заданы изотермической или адиабатической границей или условием полного теплообмена: конвекцией и излучением из сварочной ванны расплавленного металла. В данном случае используем аналитическую модель объемного тепловыделения двойного эллипсоида Голдака.

Для определения сварочного тока, напряжения, скорости сварки, которые обеспечат равномерное плавление и отсутствие прожога основного металла используется специальный инструмент SYSWELD – heat input fitting, позволяющий задать граничные условия для тепловой задачи и аналитическую модель распределения тепловой мощности источника энергии. Для решения задачи теплопроводности

вводятся физические свойства сплава: теплопроводность, плотность; теплоемкость в виде кусочно-линейных функций.

- Определение граничных условий для теплообмена – охлаждение на воздухе (см. рис 1, а).
- Определение граничных условий для механической задачи – условия закрепления деталей (см. рис 1, б).
- Настройка решателя программы и расчёт. Одновременно с тепловой решаем металлургическую задачу. Решение основано на модели Леблонда, описывающей процесс превращения одной фазы в другую, в зависимости от времени превращения, скорости охлаждения и нагрева материала. Модель подходит для описания любого диффузионного металлургического процесса [1].

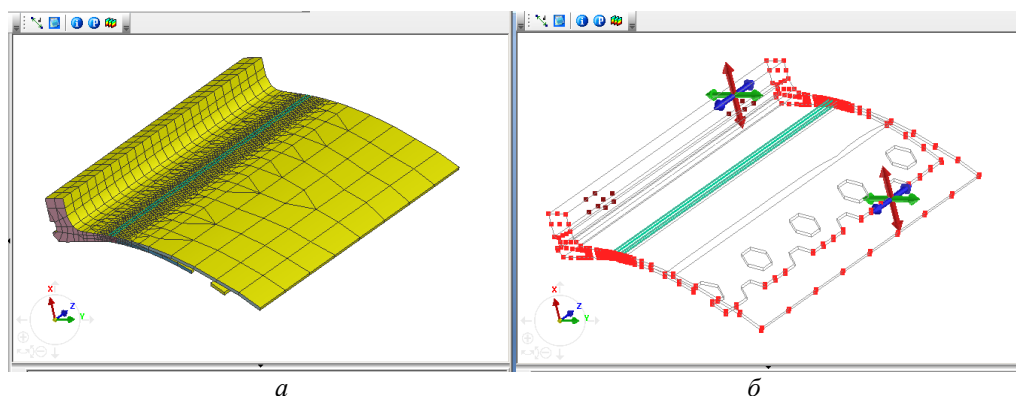


Рис.1. Граничные условия теплообмена и механической задачи:  
а - КЭМ для расчёта; б – условия закрепления детали

В результате расчета получаем распределения тепловых полей в процессе сварки (см. рис.2) поля распределения напряжений и термдеформаций после сварки.

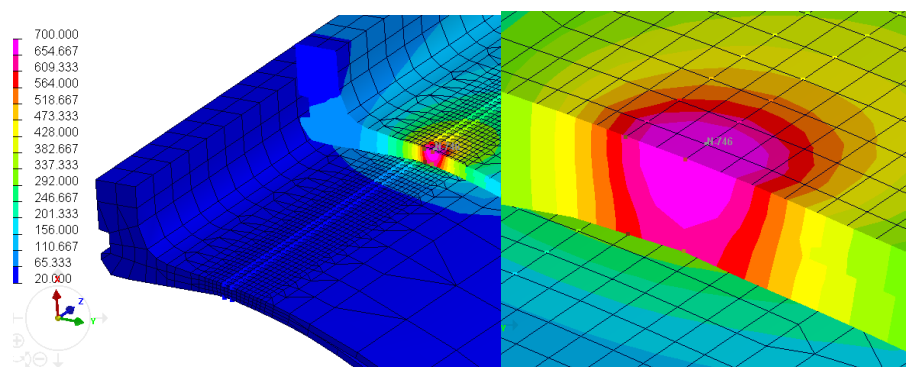


Рис.2. Распределение тепловых полей (°C)

Таким образом, рассмотренный метод подходит для описания любого термдеформационного и диффузионно-металлургического процессов. Решая такого рода задачи можно оптимизировать процесс сварки и родственных технологий прибегая к натурным испытаниям лишь для определения свойств материала и проверки модели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайдес С.А., Астафьева Н.А. Моделирование сварочных процессов. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. – 162 с.
2. Куркин А.С., Макаров Э.Л Программный комплекс «СВАРКА» - инструмент для решения практических задач сварочного производства // Сварка и диагностика. – 2010. – №. 1. 1 – С. 16–23.
3. Биленко Г. Моделирование процессов сварки при помощи продуктов ESI Group (SYSWELD, PAM-ASSEMBLY) // САПР и графика. – 2010. – №7. – С. 1-3.